

## Process and apparatus for joining workpiece parts

Publication number: DE3628246

Publication date: 1987-04-30

Inventor: TOELKE PETER (DE)

Applicant: FISCHER AG GEORG (DE)

Classification:


- international: **B23K11/04; B23K11/24; C21D9/50; B23K11/04; B23K11/24; C21D9/50; (IPC1-7): B23K11/04**

- european: B23K11/04B; B23K11/24A4; C21D9/50

Application number: DE19863628246 19860820

Priority number(s): CH19850004575 19851024

Also published as:

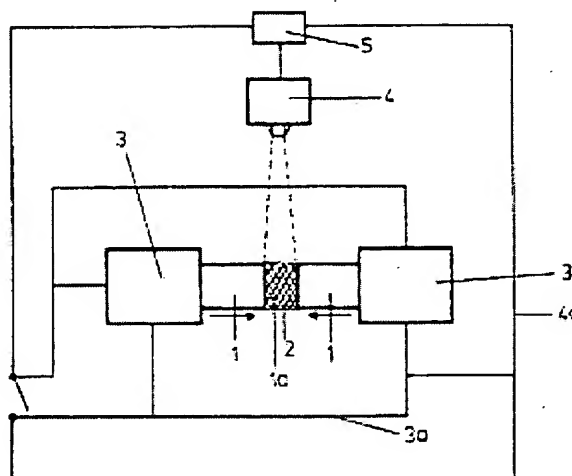
 CH668728 (A5)

Report a data error here

### Abstract of DE3628246

A process and an apparatus are proposed for joining workpiece parts, preferably made of materials with a high carbon content, such as nodular graphite iron, vermicular graphite iron, all-black and white malleable cast iron. In this connection, the known flash-butt welding process is used, in which the structural states of the workpiece are set by means of a subsequent heating programme. During the upsetting operation, the specific upsetting forces are set such that the ledeburite is forced out of the joining zone into the weld bead. The cooling takes place by controlled temperature input, so that a defined structure can be set while avoiding martensite and/or bainite formation.

Consequently, hard regions in the weld joint area are avoided and a homogeneous structure over the entire workpiece is set. This process is reproducibly usable and affords the additional advantage of a production reliability not known hitherto.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3628246 A1**

⑤1 Int. Cl. 4:  
**B23K 11/04**

②1 Aktenzeichen: P 36 28 246.4  
②2 Anmeldetag: 20. 8. 86  
④3 Offenlegungstag: 30. 4. 87

DE 3628246 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
24.10.85 CH 4 575/85-1

⑦1 Anmelder:  
Georg Fischer AG, Schaffhausen, CH,  
Niederlassung: Georg Fischer AG, 7700 Singen, DE

⑦2 Erfinder:  
Toelke, Peter, 8253 Diessenhofen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

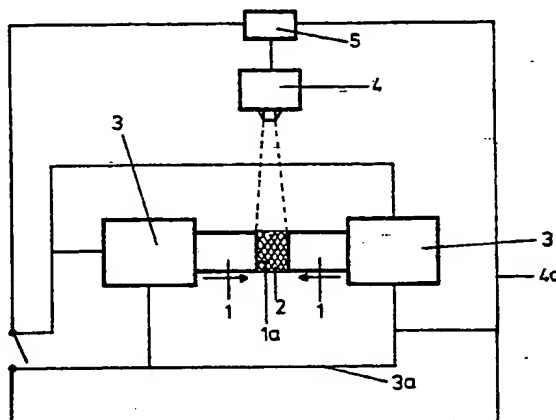
⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Verbinden von Werkstückteilen

Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung vorgeschlagen zum Verbinden von Werkstückteilen aus vorzugsweise hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen wie GGG, GGV, GTS, GTW. Dabei wird das bekannte Abbrennstumpfschweißverfahren verwendet, wobei mit Hilfe eines nachgeschalteten Wärmeprogramms die Gefügezustände des Werkstückes eingestellt werden.

Während des Stauchvorganges werden die spezifischen Stauchkräfte so eingestellt, daß der Ledeburit aus der Verbindungszone in den Schweißwulst gepreßt wird. Die Abkühlung erfolgt durch gesteuerte Temperaturvorgabe, so daß unter Vermeidung von Martensit- und/oder Bainitbildung ein definiertes Gefüge einzustellen ist.

Damit werden Aufhärtungen im Schweißstoßbereich vermieden und ein homogenes Gefüge über das ganze Werkstück eingestellt.

Dieses Verfahren ist reproduzierbar anwendbar und bringt den zusätzlichen Vorteil einer bisher nicht bekannten Fertigungssicherheit.



DE 3628246 A1

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbinden von Werkstückteilen aus vorzugsweise hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen wie GGG, GGV, GTS, GTW, mittels eines Abbreinstumpfschweißverfahrens mit einem nachgeschalteten Wärmeprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass die spezifischen Stauchkräfte derart eingestellt werden, dass im Stauchvorgang, gegebenenfalls Nachstauchvorgang, der Ledeburit aus der Verbindungszone in den Schweißwulst gepresst wird und dass die Abkühlung durch gesteuerte Temperaturvorgaben verzögert wird, um den Abkühlungsverlauf unter Vermeidung von Martensit- und/oder Bainitbildung auf definierte Gefügestände einzustellen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abkühlung durch pulsierende Nachwärmung verzögert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Nachwärmstrom kontinuierlich an den durch die Solltemperatur definierten Wärmebedarf der Schweißstelle angepasst wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stauchkräfte im Bereich von 30–120 N/mm<sup>2</sup> liegen.
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 4, mit einer Abbreinstumpfschweisseinrichtung, die einen Schweißstransformator und ein, die Schweißstellentemperatur überwachendes, optisches Pyrometer aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass zur Überwachung des Abkühlverlaufes zwischen den Schweißstransformator und dem Pyrometer ein elektronisches, programmierbares Temperatursteuergerät geschaltet ist, das den Nachwärmstrom entsprechend der vorgegebenen Solltemperatur an der Schweißstelle steuert.
6. Verwendung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 4 für die Verbindung der hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffe GGG, GGV, GTS, GTW untereinander und in Kombination aus hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen mit Stahl z.B. Profilstahl, Schmiedestahl, Blechkonstruktion.

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden von Werkstückteilen aus vorzugsweise hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen wie GGG, GGV, GTS, GTW, mittels eines Abbreinstumpfschweißverfahrens.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einer Abbreinstumpfschweisseinrichtung, die einen Schweißstransformator und ein die Schweißstellentemperatur überwachendes, optisches Pyrometer aufweist.

Die Schweißbarkeit von hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen in den Kohlenstoffbereichen zwischen 2,0 bis 3,9%, war bisher problematisch. Der Grund dafür liegt darin, dass solche Werkstoffe ein ausgezeichnetes Härungsverhalten aufweisen, wobei die damit verbundene Neigung zur Bildung ledeburitischer und martensitischer Härungsgefüge die Konstruktionsschweißbarkeit dieser Werkstoffgruppen stark einschränkt.

Seit langem sind Mittel und Wege gesucht worden, Schweißverfahren reproduzierbar auf hochkohlenstoffhaltige Werkstoffe anzuwenden. Die Bildung von Här-

tungsgefügen, z.B. Ledeburit, Martensit, Bainit, durch Rücklösung des Graphites in der schmelzflüssigen Phase einerseits und durch schnelle Abkühlung andererseits stellte jedoch ein nahezu unüberwindbares Hindernis dar.

Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, hier Abhilfe zu schaffen. Dementsprechend besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein Verfahren bereitzustellen, mit dessen Hilfe Werkstückteile mittels eines Schweißvorganges reproduzierbar miteinander verbunden werden können, derart, dass die Gefügeausbildung in der Schweißzone einheitlich dem Gefügebild in den übrigen Bereichen des Werkstückes entspricht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Lehren der Ansprüche 1 und 5 gelöst.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Beispiels näher erläutert.

Die einzige Figur zeigt eine schematische Darstellung der Versuchsanordnung.

Beim Abbreinstumpfschweissen werden Strom und Kraft von Spanbacken übertragen. Die stromdurchflossenen Werkstücke werden unter leichtem Berühren durch Bildung von Schmorkontakten erwärmt, wobei schmelzflüssiger Werkstoff durch den Metaldampfdruck aus dem Stirnflächenbereich herausgeschleudert wird. Dies ist die sogenannte Abbreinstumpfschweißphase. Nach ausreichendem Erwärmen werden die Werkstücke durch schlagartiges Stauchen geschweisst.

Dem Abbreinstumpfen kann ein Vorwärmen durch wiederholtes Berühren (Reversieren mit einzelnen Stromstößen) oder durch Fremderwärmung vorangehen.

Die Figur zeigt im Schema die Einrichtung zum Verbinden von Werkstückteilen mittels eines Abbreinstumpfschweißverfahrens.

Die Einrichtung weist zwei Spanbacken 3 auf, die zur Aufnahme der Werkstückteile 1 bestimmt sind. Vom Stromkreis 3a wird der Strom in die Spanbacken 3 geleitet. Die Werkstückteile 1 werden vom Strom durchflossen. Die Spanbacken 3 werden in Pfeilrichtung bewegt bis die Stirnflächen 1a der Werkstücke unter leichtem gegenseitigen Berühren durch Bildung von Schmorkontakten erwärmt werden. Dabei wird der schmelzflüssige Werkstoff durch den Metaldampfdruck aus dem Stirnflächenbereich herausgeschleudert. Nach ausreichendem Erwärmen werden die Werkstückteile 1 durch schlagartiges Stauchen geschweisst. Bei diesem Vorgang wird der beim Abbreinstumpfen gebildete Ledeburit in den Schweißwulst gepresst. Danach erfolgt eine gesteuerte Abkühlung entsprechend einem vorgegebenen ZTU-Schaubild, auf einen definierten Gefügestand z.B. Ferrit, Perlit oder Mischgefügen aus beiden.

Ein optisches Pyrometer 4 überwacht die Schweißstellentemperatur. Das Pyrometer ist an ein elektronisches, programmiertes Temperatursteuergerät 5 geschaltet, das mittels eines Steuerstromkreises 4a an den Stromkreis 3a angeschlossen ist. Bei Unterschreiten der zeitgesteuerten, vorgegebenen Solltemperatur wurde mittels eines Stromstosses die vorgegebene Schweißstellentemperatur wieder eingestellt. Diese Nachwärmsteuerung wurde erst nach Beendigung des Schweißvorganges zugeschaltet. Während des Schweißens muss die Optik des Pyrometers vor den abbreinstumpfenden Eisenspritzern geschützt werden.

Bei dem beschriebenen Schweißvorgang wurden GGG-60-Gussteile nach dem vorgeschlagenen Verfahren verbunden. Als hochkohlenstoffhaltiger Werkstoff (C = 3,6–3,9%) weist Gusseisen mit Kugelgraphit ein ausgezeichnetes Härungsverhalten auf. Dabei muss

aber mit der Bildung von Ledeburit gerechnet werden.

Ledeburit ist das Eutektikum des metastabilen Fe-C-Systems und besteht im kalten Zustand, d.h. unter 723° C, dem Umwandlungspunkt des Austenits in Perlit, aus einer feinen Mischung von Zementit und Perlit.

Um Aufhärtungen im Schweisstossbereich zu vermeiden, wurde die Stauchkraft so eingestellt, dass der beim Abbrennvorgang unvermeidbare Ledeburit in den Schweisswulst gepresst wurde. Mit dem Abarbeiten des Schweisswulstes wurde gleichzeitig auch der Ledeburit entfernt. Die Martensitbildung wurde durch ein temperaturgesteuertes Nachwärmprogramm unterbunden.

Da die Stauchkraft nicht nur das Ausquetschen des Ledeburits in den Wulst beeinflusst, sondern auch den Zerquetschungsgrad der Sphäroliten, wurde die optimale Stauchkraft im Bereich zwischen 50–87 N/mm<sup>2</sup> festgelegt.

Auf diese Weise ist es gelungen mit Hilfe des Abbrennstumpfschweisverfahrens in Verbindung mit einem elektronisch geregelten Abkühlungsverlauf der Schweissstelle reproduzierbar aufhärtungsfreie Gefüge einzustellen.

Man kann auch durch gezielte Anpassung des Abkühlungsverlaufes eine erhöhte Grundgefügehärtung im Schweissnahtbereich einstellen und damit eine definierte Verlagerung von Sollbruchstellen erreichen.

Im Hinblick auf das Optimum der Gefügeeinstellung im Schweisstossbereich müssen die Abkühlungsverläufe auf die chemische Zusammensetzung des zu verschweisenden Werkstoffes eingestellt werden. Das ergibt sich schon daraus, dass für den Abkühlungsverlauf das ZTU-Schaubild massgebend ist.

35

40

45

50

55

60

65

Nummer:

36 28 246

Int. Cl.4:

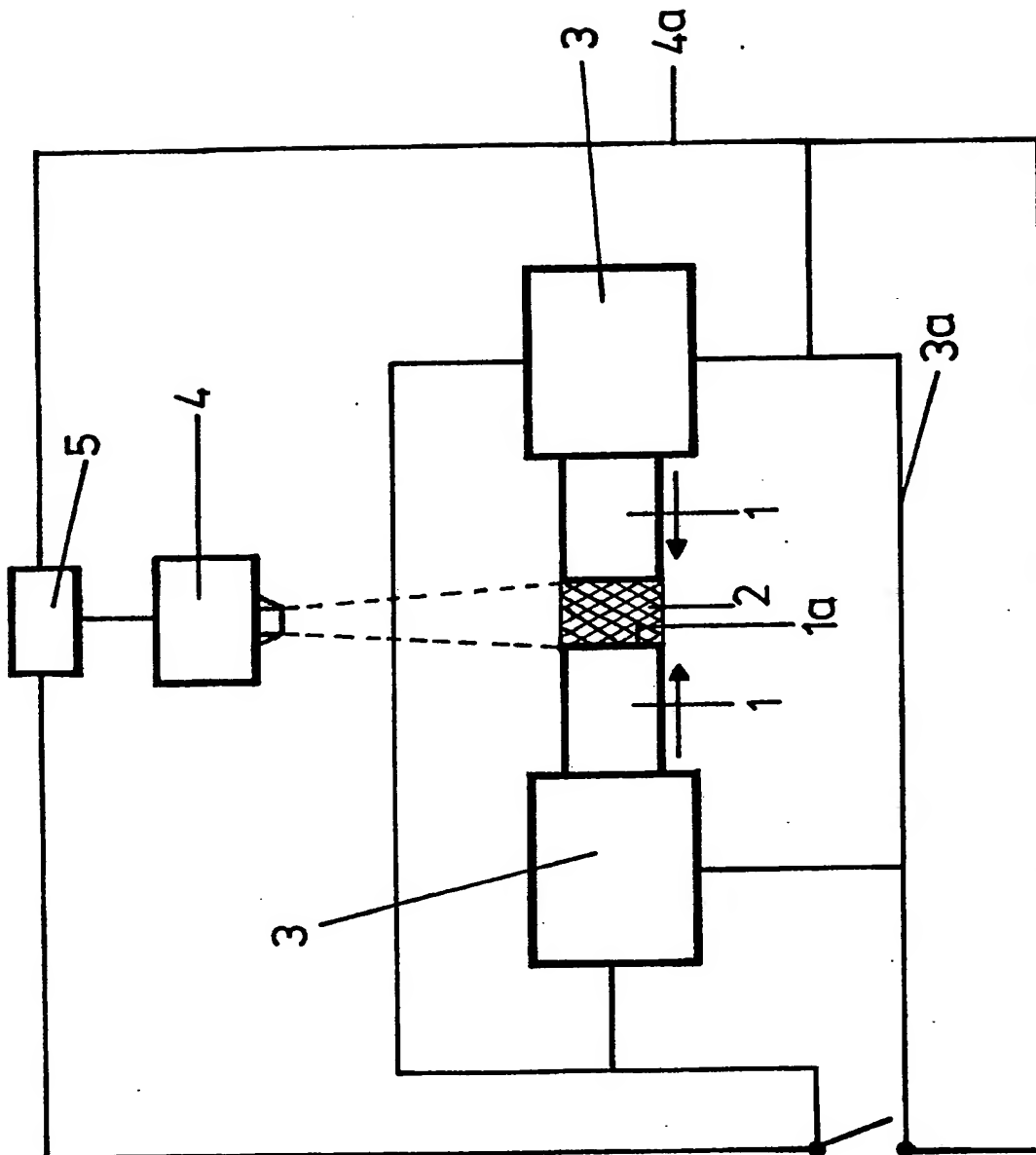
B 23 K 11/04

Anmeldetag:

20. August 1986

Offenlegungstag:

30. April 1987



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3628246 A1**

⑤1 Int. Cl. 4:  
**B23K 11/04**

②1 Aktenzeichen: P 36 28 246.4  
②2 Anmeldetag: 20. 8. 86  
④3 Offenlegungstag: 30. 4. 87

DE 3628246 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
24.10.85 CH 4 575/85-1

⑦1 Anmelder:  
Georg Fischer AG, Schaffhausen, CH,  
Niederlassung: Georg Fischer AG, 7700 Singen, DE

⑦2 Erfinder:  
Toelke, Peter, 8253 Diessenhofen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

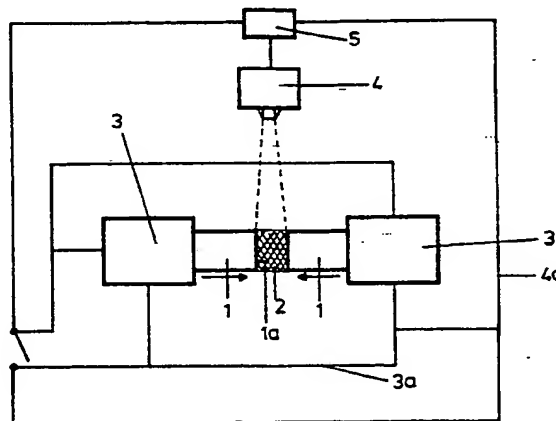
⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Verbinden von Werkstückteilen

Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung vorgeschlagen zum Verbinden von Werkstückteilen aus vorzugsweise hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen wie GGG, GGV, GTS, GTW. Dabei wird das bekannte Abbrennstumpfschweißverfahren verwendet, wobei mit Hilfe eines nachgeschalteten Wärmeprogramms die Gefügestände des Werkstückes eingestellt werden.

Während des Stauchvorganges werden die spezifischen Stauchkräfte so eingestellt, daß der Ledeburit aus der Verbindungszone in den Schweißwulst gepreßt wird. Die Abkühlung erfolgt durch gesteuerte Temperaturvorgabe, so daß unter Vermeidung von Martensit- und/oder Bainitbildung ein definiertes Gefüge einzustellen ist.

Damit werden Aufhärtungen im Schweißstoßbereich vermieden und ein homogenes Gefüge über das ganze Werkstück eingestellt.

Dieses Verfahren ist reproduzierbar anwendbar und bringt den zusätzlichen Vorteil einer bisher nicht bekannten Fertigungssicherheit.



DE 3628246 A1

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbinden von Werkstückteilen aus vorzugsweise hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen wie GGG, GGV, GTS, GTW, mittels eines Abbreinstumpfschweißverfahrens mit einem nachgeschalteten Wärmeprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass die spezifischen Stauchkräfte derart eingestellt werden, dass im Stauchvorgang, gegebenenfalls Nachstauchvorgang, der Ledeburit aus der Verbindungszone in den Schweisswulst gepresst wird und dass die Abkühlung durch gesteuerte Temperaturvorgaben verzögert wird, um den Abkühlungsverlauf unter Vermeidung von Martensit- und/oder Bainitbildung auf definierte Gefügestände einzustellen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abkühlung durch pulsierende Nachwärmung verzögert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Nachwärmstrom kontinuierlich an den durch die Solltemperatur definierten Wärmebedarf der Schweissstelle angepasst wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stauchkräfte im Bereich von 30–120 N/mm<sup>2</sup> liegen.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 4, mit einer Abbreinstumpfschweisseinrichtung, die einen Schweissstromtransformator und ein, die Schweisstellentemperatur überwachendes, optisches Pyrometer aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass zur Überwachung des Abkühlverlaufes zwischen den Schweissstromtransformator und ein Pyrometer ein elektronisches, programmierbares Temperatusteuergerät geschaltet ist, das den Nachwärmstrom entsprechend der vorgegebenen Solltemperatur an der Schweissstelle steuert.

6. Verwendung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 4 für die Verbindung der hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffe GGG, GGV, GTS, GTW untereinander und in Kombination aus hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen mit Stahl z.B. Profilstahl, Schmiedestahl, Blechkonstruktion.

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden von Werkstückteilen aus vorzugsweise hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen wie GGG, GGV, GTS, GTW, mittels eines Abbreinstumpfschweißverfahrens.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einer Abbreinstumpfschweisseinrichtung, die einen Schweissstromtransformator und ein die Schweisstellentemperatur überwachendes, optisches Pyrometer aufweist.

Die Schweissbarkeit von hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen in den Kohlenstoffbereichen zwischen 2,0 bis 3,9%, war bisher problematisch. Der Grund dafür liegt darin, dass solche Werkstoffe ein ausgezeichnetes Härungsverhalten aufweisen, wobei die damit verbundene Neigung zur Bildung ledeburitischer und martensitischer Härungsgefüge die Konstruktionsschweisbarkeit dieser Werkstoffgruppen stark einschränkt.

Seit langem sind Mittel und Wege gesucht worden, Schweißverfahren reproduzierbar auf hochkohlenstoffhaltige Werkstoffe anzuwenden. Die Bildung von Här-

tungsgefügen, z.B. Ledeburit, Martensit, Bainit, durch Rücklösung des Graphites in der schmelzflüssigen Phase einerseits und durch schnelle Abkühlung andererseits stellte jedoch ein nahezu unüberwindbares Hindernis dar.

Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, hier Abhilfe zu schaffen. Dementsprechend besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein Verfahren bereitzustellen, mit dessen Hilfe Werkstückteile mittels eines Schweißvorganges reproduzierbar miteinander verbunden werden können, derart, dass die Gefügeausbildung in der Schweisszone einheitlich dem Gefügebild in den übrigen Bereichen des Werkstückes entspricht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Lehren der Ansprüche 1 und 5 gelöst.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Beispiels näher erläutert.

Die einzige Figur zeigt eine schematische Darstellung der Versuchsanordnung.

Beim Abbreinstumpfschweissen werden Strom und Kraft von Spanbacken übertragen. Die stromdurchflossenen Werkstücke werden unter leichtem Berühren durch Bildung von Schmorkontakten erwärmt, wobei schmelzflüssiger Werkstoff durch den Metaldampfdruck aus dem Stirnflächenbereich herausgeschleudert wird. Dies ist die sogenannte Abbreinstumpfschweißphase. Nach ausreichendem Erwärmen werden die Werkstücke durch schlagartiges Stauchen geschweisst.

Dem Abbreinstumpfen kann ein Vorwärmen durch wiederholtes Berühren (Reversieren mit einzelnen Stromstößen) oder durch Fremderwärmung vorangehen.

Die Figur zeigt im Schema die Einrichtung zum Verbinden von Werkstückteilen mittels eines Abbreinstumpfschweißverfahrens.

Die Einrichtung weist zwei Spanbacken 3 auf, die zur Aufnahme der Werkstückteile 1 bestimmt sind. Vom Stromkreis 3a wird der Strom in die Spanbacken 3 geleitet. Die Werkstückteile 1 werden vom Strom durchflossen. Die Spanbacken 3 werden in Pfeilrichtung bewegt bis die Stirnflächen 1a der Werkstücke unter leichtem gegenseitigen Berühren durch Bildung von Schmorkontakten erwärmt werden. Dabei wird der schmelzflüssige Werkstoff durch den Metaldampfdruck aus dem Stirnflächenbereich herausgeschleudert. Nach ausreichendem Erwärmen werden die Werkstückteile 1 durch schlagartiges Stauchen geschweisst. Bei diesem Vorgang wird der beim Abbreinstumpfen gebildete Ledeburit in den Schweisswulst gepresst. Danach erfolgt eine gesteuerte Abkühlung entsprechend einem vorgegebenen ZTU-Schaubild, auf einen definierten Gefügestand z.B. Ferrit, Perlit oder Mischgefüge aus beiden.

Ein optisches Pyrometer 4 überwacht die Schweisstellentemperatur. Das Pyrometer ist an ein elektronisches, programmiertes Temperatusteuergerät 5 geschaltet, das mittels eines Steuerstromkreises 4a an den Stromkreis 3a angeschlossen ist. Bei Unterschreiten der zeitgesteuerten, vorgegebenen Solltemperatur wurde mittels eines Stromstosses die vorgegebene Schweisstellentemperatur wieder eingestellt. Diese Nachwärmsteuerung wurde erst nach Beendigung des Schweißvorganges zugeschaltet. Während des Schweißens muss die Optik des Pyrometers vor den abbreinstumpfenden Eisanspritzern geschützt werden.

Bei dem beschriebenen Schweißvorgang wurden GGG-60-Gussteile nach dem vorgeschlagenen Verfahren verbunden. Als hochkohlenstoffhaltiger Werkstoff (C ~ 3,6–3,9%) weist Gusseisen mit Kugelgraphit ein ausgezeichnetes Härungsverhalten auf. Dabei muss

aber mit der Bildung von Ledeburit gerechnet werden.

Ledeburit ist das Eutektikum des metastabilen Fe-C-Systems und besteht im kalten Zustand, d.h. unter 723° C, dem Umwandlungspunkt des Austenits in Perlit, aus einer feinen Mischung von Zementit und Perlit.

Um Aufhärtungen im Schweissstossbereich zu vermeiden, wurde die Stauchkraft so eingestellt, dass der beim Abbrennvorgang unvermeidbare Ledeburit in den Schweisswulst gepresst wurde. Mit dem Abarbeiten des Schweisswulstes wurde gleichzeitig auch der Ledeburit entfernt. Die Martensitbildung wurde durch ein temperaturgesteuertes Nachwärmprogramm unterbunden.

Da die Stauchkraft nicht nur das Ausquetschen des Ledeburits in den Wulst beeinflusst, sondern auch den Zerquetschungsgrad der Sphäroliten, wurde die optimale Stauchkraft im Bereich zwischen 50–87 N/mm<sup>2</sup> festgelegt.

Auf diese Weise ist es gelungen mit Hilfe des Abbrennstumpfschweisverfahrens in Verbindung mit einem elektronisch geregelten Abkühlungsverlauf der Schweissstelle reproduzierbar aufhärtungsfreie Gefüge einzustellen.

Man kann auch durch gezielte Anpassung des Abkühlungsverlaufes eine erhöhte Grundgefügehärtung im Schweissnahtbereich einstellen und damit eine definierte Verlagerung von Sollbruchstellen erreichen.

Im Hinblick auf das Optimum der Gefügeeinstellung im Schweissstossbereich müssen die Abkühlungsverläufe auf die chemische Zusammensetzung des zu verschweisenden Werkstoffes eingestellt werden. Das ergibt sich schon daraus, dass für den Abkühlungsverlauf das ZTU-Schaubild massgebend ist.

35

40

45

50

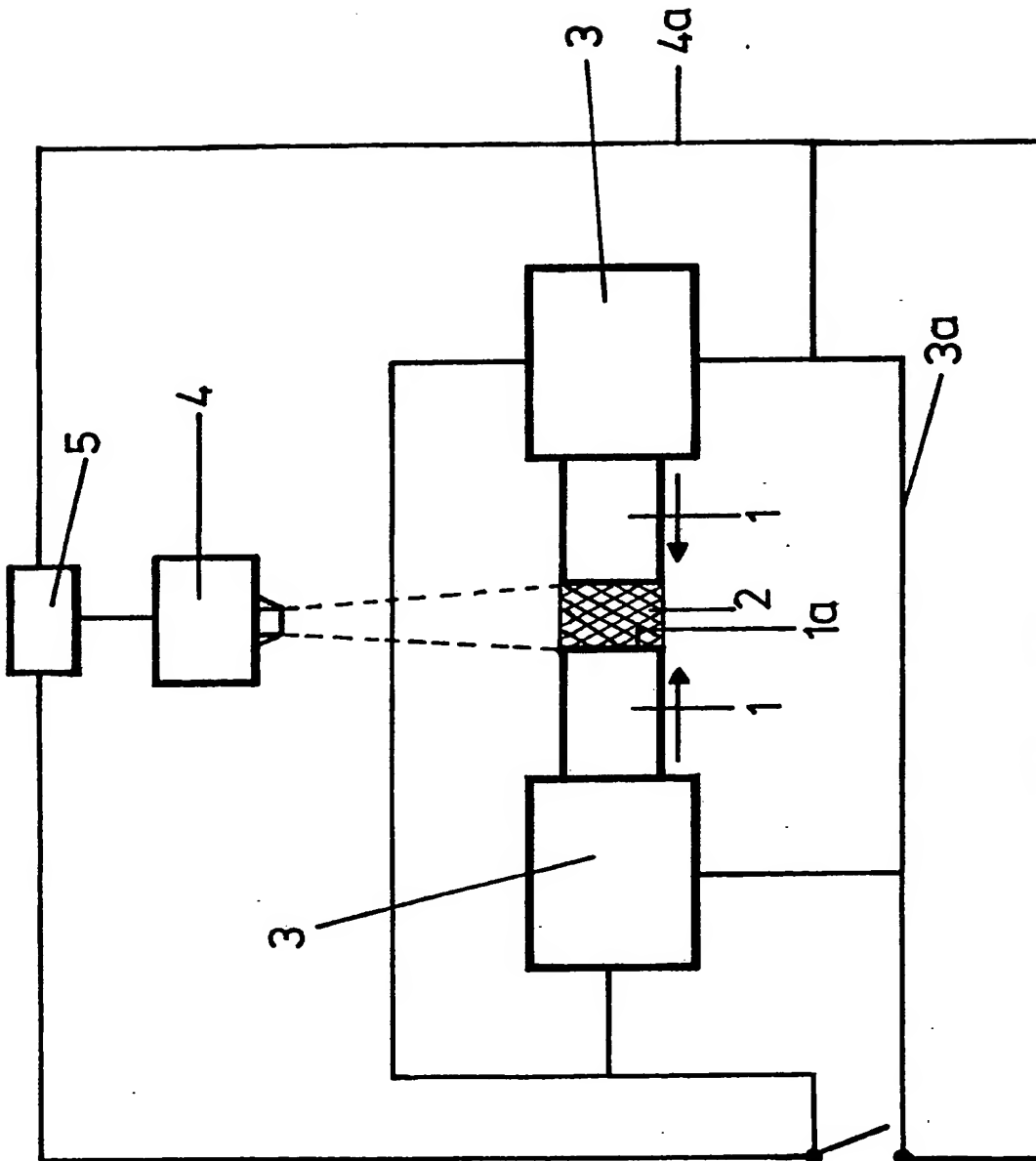
55

60

65



Nummer:	36 28 246
Int. Cl.4:	B 23 K 11/04
Anmeldetag:	20. August 1986
Offenlegungstag:	30. April 1987



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3628246 A1**

⑤ Int. Cl. 4:  
**B23K 11/04**

⑳ Aktenzeichen: P 36 28 246.4  
㉔ Anmeldetag: 20. 8. 86  
㉕ Offenlegungstag: 30. 4. 87

DE 3628246 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
24.10.85 CH 4 575/85-1

⑦1 Anmelder:  
Georg Fischer AG, Schaffhausen, CH,  
Niederlassung: Georg Fischer AG, 7700 Singen, DE

⑦2 Erfinder:  
Toelke, Peter, 8253 Diessenhofen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

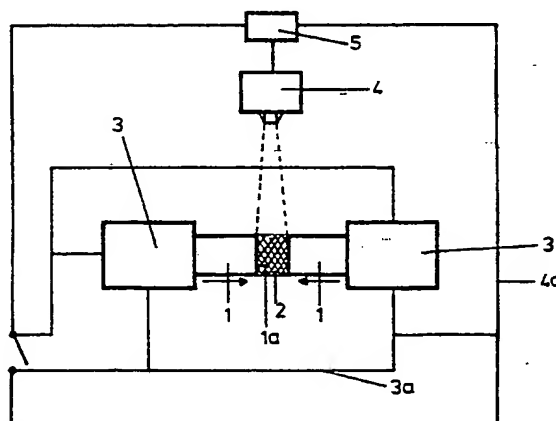
⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Verbinden von Werkstückteilen

Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung vorgeschlagen zum Verbinden von Werkstückteilen aus vorzugsweise hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen wie GGG, GGV, GTS, GTW. Dabei wird das bekannte Abbrennstumpfschweißverfahren verwendet, wobei mit Hilfe eines nachgeschalteten Wärmeprogramms die Gefügestände des Werkstückes eingestellt werden.

Während des Stauchvorganges werden die spezifischen Stauchkräfte so eingestellt, daß der Ledeburit aus der Verbindungszone in den Schweißwulst gepreßt wird. Die Abkühlung erfolgt durch gesteuerte Temperaturvorgabe, so daß unter Vermeidung von Martensit- und/oder Bainitbildung ein definiertes Gefüge einzustellen ist.

Damit werden Aufhärtungen im Schweißstoßbereich vermieden und ein homogenes Gefüge über das ganze Werkstück eingestellt.

Dieses Verfahren ist reproduzierbar anwendbar und bringt den zusätzlichen Vorteil einer bisher nicht bekannten Fertigungssicherheit.



DE 3628246 A1

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbinden von Werkstückteilen aus vorzugsweise hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen wie GGG, GGV, GTS, GTW, mittels eines Abbreinstumpfschweißverfahrens mit einem nachgeschalteten Wärmeprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass die spezifischen Stauchkräfte derart eingestellt werden, dass im Stauchvorgang, gegebenenfalls Nachstauchvorgang, der Ledeburit aus der Verbindungszone in den Schweisswulst gepresst wird und dass die Abkühlung durch gesteuerte Temperaturvorgaben verzögert wird, um den Abkühlungsverlauf unter Vermeidung von Martensit- und/oder Bainitbildung auf definierte Gefügestände einzustellen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abkühlung durch pulsierende Nachwärmung verzögert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Nachwärmstrom kontinuierlich an den durch die Solltemperatur definierten Wärmebedarf der Schweissstelle angepasst wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stauchkräfte im Bereich von 30–120 N/mm<sup>2</sup> liegen.
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 4, mit einer Abbreinstumpfschweisseinrichtung, die einen Schweissstromtransformator und ein, die Schweisstellentemperatur überwachendes, optisches Pyrometer aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass zur Überwachung des Abkühlverlaufes zwischen den Schweissstromtransformator und dem Pyrometer ein elektronisches, programmierbares Temperatursteuergerät geschaltet ist, das den Nachwärmstrom entsprechend der vorgegebenen Solltemperatur an der Schweissstelle steuert.
6. Verwendung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 4 für die Verbindung der hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffe GGG, GGV, GTS, GTW untereinander und in Kombination aus hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen mit Stahl z.B. Profilstahl, Schmiedestahl, Blechkonstruktion.

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden von Werkstückteilen aus vorzugsweise hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen wie GGG, GGV, GTS, GTW, mittels eines Abbreinstumpfschweißverfahrens.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einer Abbreinstumpfschweisseinrichtung, die einen Schweissstromtransformator und ein die Schweisstellentemperatur überwachendes, optisches Pyrometer aufweist.

Die Schweissbarkeit von hochkohlenstoffhaltigen Werkstoffen in den Kohlenstoffbereichen zwischen 2,0 bis 3,9%, war bisher problematisch. Der Grund dafür liegt darin, dass solche Werkstoffe ein ausgezeichnetes Härungsverhalten aufweisen, wobei die damit verbundene Neigung zur Bildung ledeburitischer und martensitischer Härungsgefüge die Konstruktionsschweisbarkeit dieser Werkstoffgruppen stark einschränkt.

Seit langem sind Mittel und Wege gesucht worden, Schweissverfahren reproduzierbar auf hochkohlenstoffhaltige Werkstoffe anzuwenden. Die Bildung von Här-

tungsgefügen, z.B. Ledeburit, Martensit, Bainit, durch Rücklösung des Graphites in der schmelzflüssigen Phase einerseits und durch schnelle Abkühlung andererseits stellte jedoch ein nahezu unüberwindbares Hindernis dar.

Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, hier Abhilfe zu schaffen. Dementsprechend besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein Verfahren bereitzustellen, mit dessen Hilfe Werkstückteile mittels eines Schweißvorganges reproduzierbar miteinander verbunden werden können, derart, dass die Gefügeausbildung in der Schweisszone einheitlich dem Gefügebild in den übrigen Bereichen des Werkstückes entspricht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Lehren der Ansprüche 1 und 5 gelöst.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Beispiels näher erläutert.

Die einzige Figur zeigt eine schematische Darstellung der Versuchsanordnung.

Beim Abbreinstumpfschweissen werden Strom und Kraft von Spannbacken übertragen. Die stromdurchflossenen Werkstücke werden unter leichtem Berühren durch Bildung von Schmorkontakten erwärmt, wobei schmelzflüssiger Werkstoff durch den Metaldampfdruck aus dem Stirnflächenbereich herausgeschleudert wird. Dies ist die sogenannte Abbreinstumpfschweißphase: Nach ausreichendem Erwärmen werden die Werkstücke durch schlagartiges Stauchen geschweisst.

Dem Abbreinstumpfen kann ein Vorwärmen durch wiederholtes Berühren (Reversieren mit einzelnen Stromstößen) oder durch Fremderwärmung vorangehen.

Die Figur zeigt im Schema die Einrichtung zum Verbinden von Werkstückteilen mittels eines Abbreinstumpfschweißverfahrens.

Die Einrichtung weist zwei Spannbacken 3 auf, die zur Aufnahme der Werkstückteile 1 bestimmt sind. Vom Stromkreis 3a wird der Strom in die Spannbacken 3 geleitet. Die Werkstückteile 1 werden vom Strom durchflossen. Die Spannbacken 3 werden in Pfeilrichtung bewegt bis die Stirnflächen 1a der Werkstücke unter leichtem gegenseitigen Berühren durch Bildung von Schmorkontakten erwärmt werden. Dabei wird der schmelzflüssige Werkstoff durch den Metaldampfdruck aus dem Stirnflächenbereich herausgeschleudert. Nach ausreichendem Erwärmen werden die Werkstückteile 1 durch schlagartiges Stauchen geschweisst. Bei diesem Vorgang wird der beim Abbreinstumpfen gebildete Ledeburit in den Schweisswulst gepresst. Danach erfolgt eine gesteuerte Abkühlung entsprechend einem vorgegebenen ZTU-Schaubild, auf einen definierten Gefügestand z.B. Ferrit, Perlit oder Mischgefüge aus beiden.

Ein optisches Pyrometer 4 überwacht die Schweisstellentemperatur. Das Pyrometer ist an ein elektronisch, programmiertes Temperatursteuergerät 5 geschaltet, das mittels eines Steuerstromkreises 4a an den Stromkreis 3a angeschlossen ist. Bei Unterschreiten der zeitgesteuerten, vorgegebenen Solltemperatur wurde mittels eines Stromstosses die vorgegebene Schweisstellentemperatur wieder eingestellt. Diese Nachwärmsteuerung wurde erst nach Beendigung des Schweißvorganges zugeschaltet. Während des Schweissens muss die Optik des Pyrometers vor den abbreinstumpfenden Eisanspritzern geschützt werden.

Bei dem beschriebenen Schweißvorgang wurden GGG-60-Gussteile nach dem vorgeschlagenen Verfahren verbunden. Als hochkohlenstoffhaltiger Werkstoff (C = 3,6–3,9%) weist Gusseisen mit Kugelgraphit ein ausgezeichnetes Härungsverhalten auf. Dabei muss

aber mit der Bildung von Ledeburit gerechnet werden.

Ledeburit ist das Eutektikum des metastabilen Fe-C-Systems und besteht im kalten Zustand, d.h. unter 723° C, dem Umwandlungspunkt des Austenits in Perlit, aus einer feinen Mischung von Zementit und Perlit.

Um Aufhärtungen im Schweissstossbereich zu vermeiden, wurde die Stauchkraft so eingestellt, dass der beim Abbrennvorgang unvermeidbare Ledeburit in den Schweisswulst gepresst wurde. Mit dem Abarbeiten des Schweisswulstes wurde gleichzeitig auch der Ledeburit entfernt. Die Martensitbildung wurde durch ein temperaturgesteuertes Nachwärmprogramm unterbunden.

Da die Stauchkraft nicht nur das Ausquetschen des Ledeburits in den Wulst beeinflusst, sondern auch den Zerquetschungsgrad der Sphäroliten, wurde die optimale Stauchkraft im Bereich zwischen 50 – 87 N/mm<sup>2</sup> festgelegt.

Auf diese Weise ist es gelungen mit Hilfe des Abbrennstumpfschweissverfahrens in Verbindung mit einem elektronisch geregelten Abkühlungsverlauf der Schweissstelle reproduzierbar aufhärtungsfreie Gefüge einzustellen.

Man kann auch durch gezielte Anpassung des Abkühlungsverlaufes eine erhöhte Grundgefügehärtung im Schweissnahtbereich einstellen und damit eine definierte Verlagerung von Sollbruchstellen erreichen.

Im Hinblick auf das Optimum der Gefügeeinstellung im Schweissstossbereich müssen die Abkühlungsverläufe auf die chemische Zusammensetzung des zu verschweisenden Werkstoffes eingestellt werden. Das ergibt sich schon daraus, dass für den Abkühlungsverlauf das ZTU-Schaubild massgebend ist.

35

40

45

50

55

60

65

Nummer:	36 28 246
Int. Cl.4:	B 23 K 11/04
Anmeldetag:	20. August 1986
Offenlegungstag:	30. April 1987

